

ADAPTACION DE MICROCOMPUTADORAS PARA LA CAPTACION MASIVA DE
DATOS EN ENSAYOS DE SISTEMAS SOLARES

Luis Saravia* y Carlos Cadena

INENCO#, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177, 4400 Salta

RESUMEN

En el presente trabajo se describen los circuitos electrónicos y programas necesarios para la adaptación de una microcomputadora a la captación masiva de datos en ensayos de sistemas solares.

En muchos casos las microcomputadoras disponibles poseen interfases para la toma analógica de datos caracterizadas por poseer pocos canales de entrada y alta velocidad de captación, lo que no se ajusta a las necesidades de ensayo de sistemas solares. Se propone la utilización de un circuito electrónico que básicamente permite introducir varias señales en forma sucesiva en un mismo canal mediante un multiplexer. La sincronización e identificación entre el multiplexer y la lectura del dato en la computadora se logra mediante un conjunto de señales de referencia asociadas a los multiplexers que entran a través de uno de los canales disponibles. Se ha aumentado la utilidad y flexibilidad del sistema agregando un amplificador a cada canal para permitir la lectura de señales pequeñas como las de termopilas, una temperatura de referencia, disponiendo los circuitos de manera que puedan colocarse cerca de la experiencia a distancias de hasta 50 m de la microcomputadora.

Se ha desarrollado un conjunto de programas en FORTRAN que permiten el tratamiento de las señales medidas y su distribución en distintos archivos de acuerdo a las necesidades de los diversos experimentadores que usan el sistema en forma independiente.

INTRODUCCION

El ensayo de equipos destinados al

Investigador del CNIE

Instituto UNSa - CONICET

aprovechamiento de la energía solar requiere el relevamiento de una cantidad considerable de datos, usualmente del orden de 10 a 10^2 a intervalos de tiempo que varían entre unos pocos minutos y una hora. Estas condiciones son normalmente satisfechas mediante el uso de equipos especialmente de captación de datos ("dataloggers") con entradas múltiples para los sensores y una memoria magnética para almacenaje masivo de los datos. En tal caso el análisis de la información se realiza a posteriori en alguna computadora disponible con una lectora apropiada para dicho tipo de memoria.

Durante los últimos años la difusión de microcomputadoras de costo reducido con entradas múltiples para sensores ha permitido encarar una solución alternativa que brinda mucho mayor flexibilidad al experimentador possibilitando la toma y análisis simultáneo de datos así como una mayor libertad en el diseño de la experiencia.

En muchos casos las microcomputadoras disponen de interfases para toma analógica de datos caracterizadas por poseer pocos canales de entrada y alta velocidad de captación, lo que no se ajusta a las demandas de las experiencias con equipos solares. En este trabajo se describe un circuito electrónico de bajo costo que resuelve el problema aprovechando la alta velocidad de medida para conectar varios sensores a un mismo canal, lo que aumenta considerablemente la capacidad de adquisición. También se describe la programación necesaria para aprovechar el número disponible de canales en la realización simultánea de varias experiencias.

El equipo desarrollado ha sido diseñado con el criterio de poder ser utilizado en diferentes computadoras con modificaciones mínimas. Su ensayo se lle

ADAPTACION DE MICROCOMPUTADORAS PARA LA CAPTACION MASIVA DE
DATOS EN ENSAYOS DE SISTEMAS SOLARES

Luis Saravia* y Carlos Cadena

INENCO#, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177, 4400 Salta

RESUMEN

En el presente trabajo se describen los circuitos electrónicos y programas necesarios para la adaptación de una microcomputadora a la captación masiva de datos en ensayos de sistemas solares.

En muchos casos las microcomputadoras disponibles poseen interfases para la toma analógica de datos caracterizadas por poseer pocos canales de entrada y alta velocidad de captación, lo que no se ajusta a las necesidades de ensayo de sistemas solares. Se propone la utilización de un circuito electrónico que básicamente permite introducir varias señales en forma sucesiva en un mismo canal mediante un multiplexer. La sincronización e identificación entre el multiplexer y la lectura del dato en la computadora se logra mediante un conjunto de señales de referencia asociadas a los multiplexers que entran a través de uno de los canales disponibles. Se ha aumentado la utilidad y flexibilidad del sistema agregando un amplificador a cada canal para permitir la lectura de señales pequeñas como las de termopilas, una temperatura de referencia, disponiendo los circuitos de manera que puedan colocarse cerca de la experiencia a distancias de hasta 50 m de la microcomputadora.

Se ha desarrollado un conjunto de programas en FORTRAN que permiten el tratamiento de las señales medidas y su distribución en distintos archivos de acuerdo a las necesidades de los diversos experimentadores que usan el sistema en forma independiente.

INTRODUCCION

El ensayo de equipos destinados al

Investigador del CNIE

Instituto UNSa - CONICET

aprovechamiento de la energía solar requiere el relevamiento de una cantidad considerable de datos, usualmente del orden de 10 a 10^2 a intervalos de tiempo que varían entre unos pocos minutos y una hora. Estas condiciones son normalmente satisfechas mediante el uso de equipos especialmente de captación de datos ("dataloggers") con entradas múltiples para los sensores y una memoria magnética para almacenaje masivo de los datos. En tal caso el análisis de la información se realiza a posteriori en alguna computadora disponible con una lectora apropiada para dicho tipo de memoria.

Durante los últimos años la difusión de microcomputadoras de costo reducido con entradas múltiples para sensores ha permitido encarar una solución alternativa que brinda mucho mayor flexibilidad al experimentador possibilitando la toma y análisis simultáneo de datos así como una mayor libertad en el diseño de la experiencia.

En muchos casos las microcomputadoras disponen de interfases para toma analógica de datos caracterizadas por poseer pocos canales de entrada y alta velocidad de captación, lo que no se ajusta a las demandas de las experiencias con equipos solares. En este trabajo se describe un circuito electrónico de bajo costo que resuelve el problema aprovechando la alta velocidad de medida para conectar varios sensores a un mismo canal, lo que aumenta considerablemente la capacidad de adquisición. También se describe la programación necesaria para aprovechar el número disponible de canales en la realización simultánea de varias experiencias.

El equipo desarrollado ha sido diseñado con el criterio de poder ser utilizado en diferentes computadoras con modificaciones mínimas. Su ensayo se lle

vó a cabo en un sistema PDP 11/03. La programación está adaptada al sistema operativo de la PDP 11/03 pero ha sido preparada en FORTRAN por lo que puede ser usada en otros casos con correcciones menores.

A continuación se describe someramente la microcomputadora disponible, se detalla el circuito desarrollado y se explican los programas disponibles para el aprovechamiento del sistema.

2. EL SISTEMA PDP 11/03 UTILIZADO

El equipo utilizado está compuesto de:

- 1) un procesador LSI 11/03 de 16 bits con una memoria de 64 Kbytes
- 2) consola y pantalla
- 3) dos disquetes de doble densidad con capacidad para 512 Kbytes c/u conocidos como DY0: y DY1:
- 4) una interfase de conversión análogo-digital (A/D) con 48 canales de entrada. El conversor es de 12 bits permitiendo la entrada de voltajes en el rango (-5.12V, 5.12V) con una definición de una parte en 4096. La velocidad de lectura de canales desde un programa FORTRAN es del orden de 2000 c/seg.

El sistema operativo disponible recibe el nombre de RT-11 y permite la programación en tiempo compartido a dos niveles: el "foreground" (FG) y el "background" (BG). El programa que ocupa el FG tiene prioridad de ejecución por lo que es utilizado para la toma de datos a través de la interfase. El programa en BG entra a funcionar en los momentos en que el FG no lo hace y permite la operación de subrutinas de análisis de los datos obtenidos en el otro nivel, así como también el trabajo usual de edición de programas, compilación, etc.

Se dispone de un conjunto de rutinas FORTRAN para intercambio de datos entre los dos niveles, uso compartido de archivos, lectura del reloj y suspensión de actividad por períodos dados.

En particular la obtención de datos de la interfase A/D se realiza desde FORTRAN mediante la llamada a una subrutina:

CALL AD (IDAT, IC)

donde IC es el número de canal que se quiere leer y en IDAT se reci-

be el dato leído como un entero entre 0 y 4096. La conversión de IDAT al voltaje leído es:

$$V = (IDAT - 2048) * .0025 \text{ volts}$$

La llamada de la subrutina y la conversión del dato toman alrededor de 500 μ s por lectura.

3. DISEÑO DEL CIRCUITO

La Fig. 1 muestra el esquema básico de funcionamiento del circuito. Un multiplexer permite conectar en forma sucesiva varios sensores al mismo canal de la interfase. En lo que sigue cada entrada del multiplexer recibirá el nombre de subcanal. Un oscilador y un contador binario permiten que el multiplexer recorra los distintos subcanales.

Con el fin de evitar el uso de señales de sincronización entre la interfase y el oscilador, y a la vez permitir que el computador pueda identificar el subcanal que está recibiendo, se utiliza el primer canal de la interfase como elemento de referencia entrando a través de cada uno de sus subcanales una tensión conocida.

El programa mediante el cual la computadora reconoce cada canal y subcanal se esquematiza en la Fig. 2. Se comienza por medir el canal 1 en forma repetida hasta que se detecta la tensión de referencia correspondiente al subcanal ISC. A partir de ese momento se barren los NC canales disponibles. Si el tiempo de barrido de la computadora es mucho más corto que el período del oscilador, se podrá obtener para todos los canales la información correspondiente al subcanal ISC, ya que el oscilador no habrá cambiado la posición del multiplexer.

En principio no existen límites para el número NSC de subcanales que se puede manejar. Con la técnica usada, dicho número puede ser 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc. Si T_0 es el período del oscilador el tiempo total de lectura de todos los canales y subcanales oscilará entre $NSC * T_0$ y $2 * NSC * T_0$ dependiendo del subcanal que está barriendo el oscilador en el momento en que se comienza la lectura de referencia del canal 1.

El número total de entradas disponibles será $(NC-1) * NSC$. En el caso ensayado se ha colocado un multiplexer de 8 posiciones y disponiéndose de 48 canales se obtiene un total de $47 * 8 = 376$ entradas.

El esquema básico descrito ha sido ob-

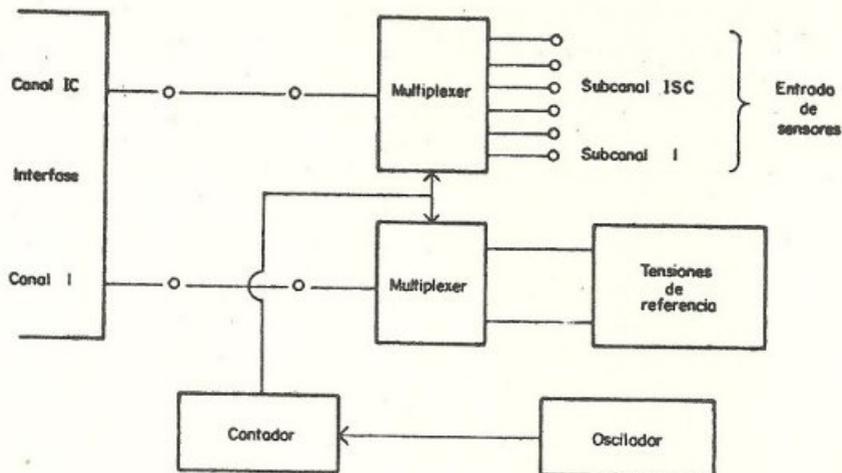


Fig. 1. Esquema de bloque básico del circuito

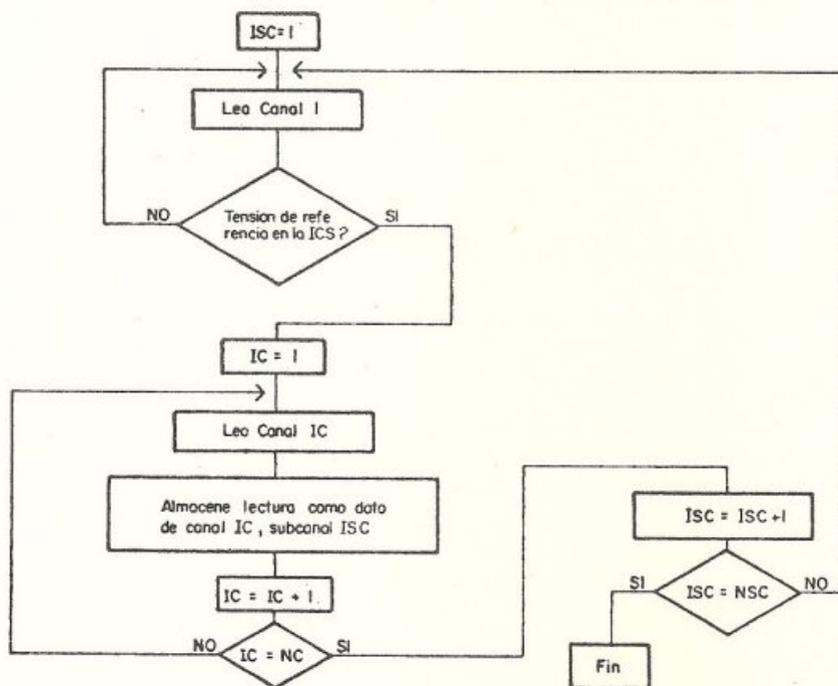


Fig. 2. Esquema de programa para leer todas las entradas

objetivo de algunos agregados y modificaciones con el fin de aumentar su flexibilidad y eliminar algunos problemas de detalle. A continuación se describen dichos cambios.

A) Amplificación

Los sensores a conectar tienen niveles de señal muy diferentes y en algunos casos son bajos. Es así que para una termocupla la tensión disponible llega a valores del orden de 4mV, necesiéndose un factor de amplificación del orden de 1000 para la interfase.

Esto se logra usando un preamplificador operacional con bajísima deriva por temperatura.

Dado que un amplificador de continua con ese factor requiere materiales más onerosos así como un proceso de calibración, no es conveniente colocar uno en cada entrada. Si no se desea alterar la interfase, armando un circuito independiente de la computadora, tampoco es posible utilizar uno solo. Una solución intermedia radica en la colocación de un amplificador después de cada multiplexor, sirviendo a los NSC subcanales.

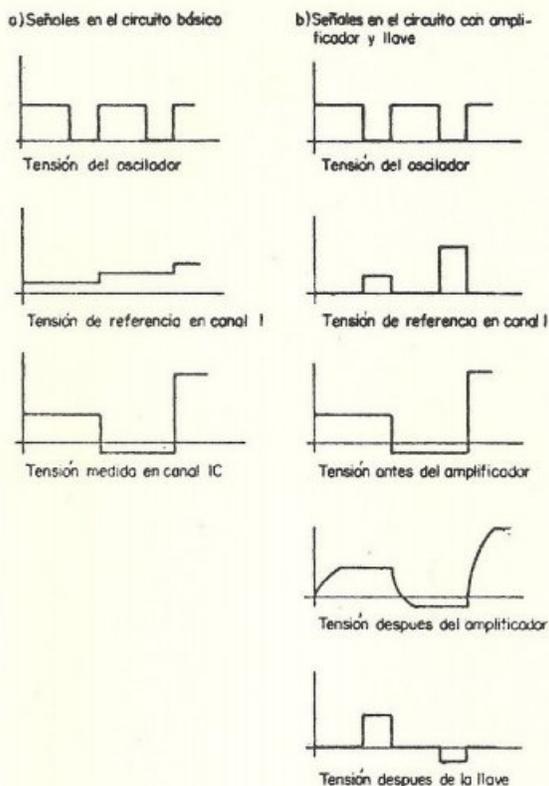


Fig. 3. Muestra las señales en distintas partes del circuito, comparando el diseño inicial con aquél que incorpora el amplificador.

Esta alternativa tiene ventajas adicionales tales como la posibilidad de ubicación remota de los multiplexers al disponer de tensiones más elevadas para ser enviadas por cables largos, y la flexibilidad de usar factores de ampliación diferentes para cada canal.

La respuesta en frecuencia de estos amplificadores es limitada, razón por la cual al conectarse bruscamente la señal por intermedio del multiplexer la tensión de salida sólo toma su valor definitivo después de un cierto intervalo de tiempo. Si la interfase realiza la medida en ese intervalo se obtendrían valores erróneos. El problema se ha solucionado agregando una llave a continuación del amplificador, la que se conecta después que ha pasado dicho intervalo. Durante el resto del tiempo la salida del amplificador se conecta a masa. La llave es comandada por el borde descendiente del pulso generado por el oscilador, como se

ilustra en la Fig. 3. El ancho del pulso del generador es elegido para que sea mayor que ese intervalo. Con el fin de permitir que la interfase mida el canal únicamente cuando la llave está cerrada se ha colocado otra llave en el canal 1. En esa forma la interfase se le encuentra sentido a la lectura, y la toma como dato, durante el mismo intervalo de tiempo en que la salida del amplificador está habilitada. El esquema de bloques completo se muestra en la Fig. 4.

B) Captura de datos a distancia

Dado el número de canales disponibles es posible atender varias experiencias simultáneamente. En virtud del tamaño usual de los equipos solares ello supone que los sensores estarán distribuidos en el área grande, a distancia del orden de los 30 mts del equipo central. En este caso la posibilidad de que la parte del circuito electrónico que comprende el multiplexer y el acumulador pueda colocarse cerca de los sensores resulta importante por varias razones: disminuye el número de cables, evita el envío de señales de pequeño valor por los cables largos y en el caso de sensores del tipo termocupla permite acortar considerablemente su longitud.

El equipo queda formado por una unidad central conectada directamente a la interfase y que contiene el oscilador, contador, tensiones de referencia, buffers, llaves analógicas y fuentes; y unidades satélites, cada una con un conjunto de multiplexers, amplificadores, buffers y llaves analógicas. Cada satélite se conectará con la unidad central mediante un conjunto de 7 cables más uno por cada multiplexer.

C) Temperatura de referencia

Al utilizarse sensores de tipo termocupla se necesita registrar la temperatura de referencia en los conectores de cada caja satélite. Con ese fin se ha instalado junto a los conectores un sensor que aprovecha el coeficiente de variación de tensión con la temperatura que tiene un diodo común debidamente calibrado. La señal producida es enviada por uno de los subcanales para la conversión de las señales provenientes de las termocuplas.

4. PROGRAMACION

Dado que el número de entradas disponibles es elevado, será usual captar datos de distintas experiencias. La programación a desarrollar no sólo debe

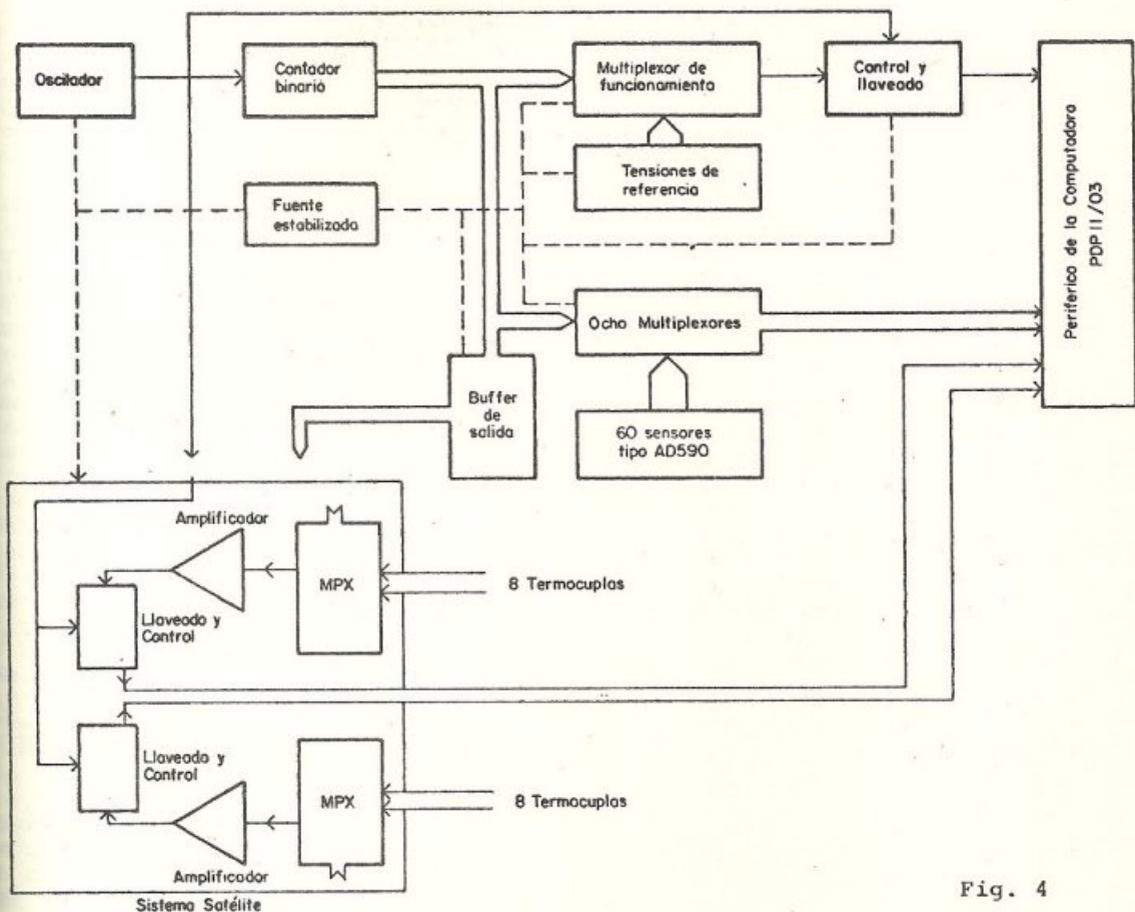


Fig. 4

obtener los datos sino también ordenarlos y distribuirlos en distintos archivos de manera que cada experimentador disponga de ellos en forma sencilla.

El programa básico de captura se llama "SLOG" y funcionará desde FG.

Cada experimentador dispondrá de un conjunto de canales y subcanales, los que generalmente estarán relacionados con una o más de las unidades "satélites" descritas en la sesión anterior. Este conjunto será conocido como "experiencia" dentro del programa y se le asignará un número de identificación (IEXP). Para cada experiencia se deberá indicar a SLOG los valores de un conjunto de parámetros que definen la forma en que SLOG mide esas entradas, les aplicará ecuaciones de transformación para obtener los valores de cada magnitud y los archivará para su uso posterior. Los valores de los parámetros para cada experiencia constituyen la "tabla de parámetros". Esta-

rá almacenada en un archivo de disquete llamado "PARAME. DAT" y será leída por SLOG antes de realizar cada medida. Esta disposición tiene dos ventajas:

- 1) en el caso de interrupción no planeada del proceso de medida (por ej. por corte de luz) los parámetros no se pierden y están disponibles para el siguiente arranque,
- 2) la tabla puede ser cambiada en cualquier momento para alterar o introducir nuevas experiencias. Ello se realizará con otro programa de entrada de parámetros llamado "SENTPA" que funcionará en BG. Esto no interrumpe el funcionamiento de SLOG que se enterará de las nuevas instrucciones a través de la tabla en el momento de leerla. Esta interrelación se esquematiza en la Fig. 5. A continuación se describen las funciones de SLOG y los parámetros que las definen.

A) Canales y Subcanales

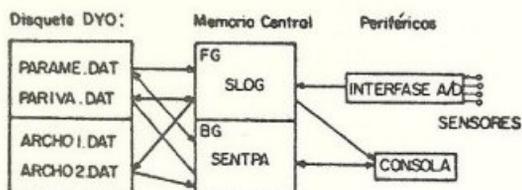


Fig.5. Inter-relación entre los programas y los distintos periféricos durante la toma de datos.

Para cada experiencia se deberán indicar el conjunto de canales y subcanales que comprende. El conjunto de canales será de numeración sucesiva indicándose el primero y el último (ICMIN, ICMAX). El conjunto de subcanales será el mismo para todos los canales, indicándose el primero y el último (ISCMIN, ISCMAX). Es de observar que usualmente cada experimento hará uso de una estación satélite con un conjunto de canales, por lo que en la mayoría de los casos ISCMIN = 1 e ISCMAX = 8. Es de indicar que a un experimento real se le pueden asignar varias "experiencias" permitiendo tener mayor flexibilidad en cuanto al tipo de sensor utilizado y la transformación a aplicarse. En ese caso todas las "experiencias" podrán ser almacenadas en el mismo archivo.

B) Tiempos de medida

Dado que la computadora tiene otros usos además del de toma de datos, se ha decidido que la lectura se realice a intervalos de tiempo prefijados que serán de cinco minutos. La captura de datos es muy rápida por lo que cada vez que se accede a la interfase se leerán y acumularán en memoria central todas las entradas (376 en el caso ensayado). Ellas serán utilizadas o no de acuerdo a las instrucciones de la tabla de parámetros. SLOG tendrá un tiempo total de reciclado de una hora por lo que los tiempos que se elijan deberán ser múltiplos de cinco y submúltiplos de sesenta (5, 10, 15, 20, 30 ó 60 minutos). Cada experiencia seleccionará dos intervalos de tiempo: a) el primero (DT) indicará cada cuanto tiempo SLOG realizará una medida de la experiencia, b) puede interesar no archivar todas las medidas sino guardar únicamente un promedio de varias medidas. El segundo intervalo (DTAC) indicará cada cuanto se desea realizar el promedio y archivarlo.

DTAC debe ser un múltiplo de DT y submúltiplo de una hora. La Tabla I indica los posibles valores de DTAC para cada DT.

TABLA I: Valores posibles de DTAC para cada DT.

DT	Valores de DTAC					
5	5	10	15	20	30	60
10	-	10	-	20	30	60
15	-	-	15	-	30	60
20	-	-	-	2-	-	60
30	-	-	-	-	30	60
60	-	-	-	-	-	60

C) Transformaciones

Los datos recibidos a través de la interfase no corresponden en general a los valores finales de la magnitud de interés. Cada sensor requiere una transformación, la que será almacenada por SLOG e identificada por un número (ITRANS) entre 1 y 99. Para cada experiencia se indicará el número de transformación de cada subcanal (ITRANS(J), J = 1,8) que será el mismo para todos los canales de la experiencia.

En el caso de las termocuplas no sólo se necesita una ecuación de transformación sino la temperatura de referencia. Ella será recogida por un sensor absoluto en la bornera de la unidad "satélite" y enviada por el primer subcanal del primer canal.

D) Archivos

Se dispondrá de un conjunto de archivos (ARCHO1.DAT, ARCHO2.DAT, etc.) donde cada experiencia podrá almacenar sus datos. Un número (IARCH) de 1 a 9 identificará cada archivo. Se podrá almacenar más de una experiencia en cada archivo, lo que permite que cada experimentador pueda usar más de una "experiencia" en relación con su experimento real. Dado que el número de archi-

vos es limitado por razones de requerimiento de espacio para buffers en la memoria central, podrá ser necesario que más de un experimentador haga uso del mismo archivo. El archivo ARCH01.DAT está destinado a los datos meteorológicos por lo que no podrá ser usado.

Los archivos son secuenciales. En cada secuencia se almacenan los datos de una toma de datos (o de los promedios de varias tomas). Un parámetro (IVAR) identifica la secuencia. El almacenamiento se realiza en un vector donde en cierto orden, que no necesita ser conocido por el experimentador, se guardan los valores de los distintos canales y subcanales. Los dos primeros elementos del vector están destinados a guardar la fecha y la hora, cada uno mediante un número entero. Así por ej., la fecha 17/marzo/82 se guarda como 17032 y la hora 15h 23' como 1523. La hora es obtenida de la computadora mientras que la fecha es solicitada por SLOG al comenzar su trabajo y luego se va renovando automáticamente. Después de cada secuencia el IVAR avanza en una unidad. Los nuevos valores son almacenados en el archivo PARIVA.DAT. Ello permite que en caso de detención accidental no se pierda la secuencia y se pueda seguir almacenando en el lugar correcto cuando el programa recomienza su trabajo.

El programa "SENTPA" permite definir por primera vez, antes de que se ponga en marcha SLOG, la tabla de parámetros o a posteriori permite introducir los cambios que se requieran. El programa se llama cada vez que se necesita y se ejecuta en BG, siendo eliminado de memoria central una vez que se utilice, permitiendo la acción de otros programas.

Este programa permite llevar a cabo otras funciones que son complementarias de las ya descritas.

En primer lugar, muchas veces resulta necesario observar los archivos en un cierto intervalo de IVAR, con el fin de estudiar como han progresado las medidas. Una opción de SENTPA permite hacerlo, fijándose las experiencias que se quieren observar y el intervalo de IVAR a estudiar.

En segundo lugar, los archivos tienen un tamaño finito, 500 secuencias, cuya duración dependerá de la frecuencia de almacenamiento. Si se realizan medidas cada media hora se necesitarán

diez días para su llenado. Al cabo de ese período el archivo debe ser copiado en otro disco y los IVAR se pondrán a valor 1 para que SLOG vuelva a guardar los datos desde el comienzo. Esto se realiza mediante otra opción de SENTPA, la que suspende el funcionamiento de SLOG por 5 minutos, solicita que se coloque un disco vacío en la segunda pista (DY1:) y procede a copiar los archivos. Una vez que se termina con el procedimiento, SLOG recomienza automáticamente sus funciones. La Fig. 6 ilustra la interrelación de programas y periféricos en esta opción. La colocación de los IVAR a 1 debe realizarse expresamente mediante otra opción. Esto se hace para permitir que, en el caso que interese, puedan copiarse los archivos sin que ellos se borren y recomience el almacenaje. Esta posibilidad es de interés en caso de que se quiera llevar una sección parcial de los archivos para ser estudiada en otra computadora sin alterar el proceso de almacenaje.

En resumen las opciones de SENTPA son:

1. Terminar el funcionamiento de SENTPA copiando la tabla de parámetros en el archivo PARAME.DAT y retirándose de memoria central
2. escribir la tabla de parámetros en consola para su inspección
3. Cambiar la tabla de parámetros
4. Copiar los archivos en otro disco
5. Cambiar los valores de IVAR
6. Inspeccionar el contenido de los archivos.

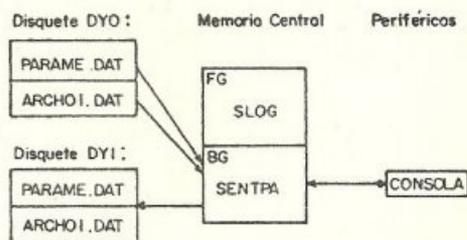


Fig.6. Inter-relación entre los programas y los distintos auxiliares durante la copia de los archivos en un segundo disco.

5. PROGRAMAS AUXILIARES

Se dispone de algunos programas independientes de los anteriores que permiten cumplir con ciertas funciones auxiliares.

A) SINST

Funciona en BG y permite tomar medidas inmediatas sobre los canales que se deseen con total independencia de SLOG. Resulta de utilidad cuando se está poniendo a punto una nueva experiencia.

B) SINSPE

Es utilizado en otra computadora similar y permite inspeccionar un archivo, realizando listados del contenido em consola o impresora.

C) SGENAR

Genera los archivos PARAME.DAT, PARI-VA.DAT y los ARCH01.DAT, etc. cuando se prepara el disco DY0: utilizado por SLOG, o los pone a 0 si se usa un disco ya grabado.

6. AGRADECIMIENTO

Se agradece a INFOS S.A. su preocupación por la puesta en marcha del sistema PDP 11/03 y la adaptación de la interfase de conversión análogo-digital permitiendo disponer de los 48 canales.

Se agradece al Dr. Guillermo Iglesias de la Universidad Nacional de Tucumán por la atención prestada en el diseño de algunos de los circuitos utilizados.

La compra de los equipos ha sido parcialmente financiada por la SUBCYT a través del Plan Nacional de Energía No Convencional.